



전병준

(주)프라이머텍인터내셔널  
기술영업부장

# 효율적이고 안정 관리를 위한 산업폐수 처리기술<26>

## 목 차

### 1. 산업폐수 처리를 위한 기초 개념

- (1) 현탁 입자의 제거방법
- (2) 슬러지의 침전 부상처리
- (3) 용해성 물질의 제거방법
- (4) 저농도 유기물의 제거방법
- (5) 무기성 오염물의 제거방법

### 2. 석유화학 공장의 폐수처리

- (1) 정유공장의 폐수처리
- (2) 일반 석유화학 공장의 폐수처리

### 3. 제지·펄프공장의 폐수처리

### 4. 합섬·염색공장의 폐수처리

### 5. 식물공장의 폐수처리

### 6. 제철·철강공장의 폐수처리

### 7. 하수·위생처리장의 폐수처리

### 8. 특정 오염물질의 처리기술

### 9. 폐수처리 신기술에 대한 이해

### 10. 폐수 재활용 기술과 안정관리

### (5) 각종 미생물 살균제의 종류

《 표 11. 냉각수계에 있어 슬라임 처리제의 종류 》

주성분		작용기구	대표예	단점
염소 화합물	유리계	산화력에 의한 살균작용을 한다 (단백질 분자 중의 각종 원자단을 산화시켜 변성을 유발하여 변질시킨다.)	Cl <sub>2</sub> , ClO <sub>2</sub>	색상, 사이즈에도 영향이 있다.
	무리계		염화이소시아놀류	필프, 섬유와 반응한다
염화 폐놀계	P.C.P계	호기성 생물 세포의 에너지 대사(ATP생성 대사)에 방해	P.C.P	취기, 독성
	T.C.P계	를 일으켜 살균한다.		
유기 유황 질소 화합물	치토 시안계		MBTC	내성, 독성
	디티오 카바 메이트계	단백질 분자의 말단기에 결합하여 단백질의 효소작용을 불활성화시킨다.	디티오 카바메이트계	불용성 결정성 출 저질에 영 향을 준다
	치아졸계		1,2- 벤지이소치아조론	고가
유기크 롬계			크롬아세토페논	독성중독 공해유발
질소 화합물	아지드 화물	호기성 생물 세포의 에너지 대사에 발해를 일으켜 살균한다.	NaN <sub>3</sub>	두통, 구토
	제4급 암모늄염	단백질의 산성 원자단과 결합하여 살균한다.	알킬테메칠 벤질암모니움 크로라이드	발포성
	아미다졸 화합물			
기타	니트로 후란계			발포성
	알데하 이드계	알데하이드기와 세포분자의 결합에너지 대사를 방해하여 살균.	Glutaraldehyde	취기, 독성

## (6) 비산화성 미생물 처리제의 항균력 (최저발육 저지농도)

〈 표 12. 약제에 따른 MIC(MINIMUM INHIBITION CONCENTRATION) 〉

약 재 명		저지농도 (ppm)			
		Aerobacter aerogens	Bacillus mycoides	Aspergillus niger	Penicillium expansum
비소계	Amine metanearsonate	300	200	3000 <	3000 <
제4급 암모늄계	Alkyl dimethyl benzyl ammonium saccharinate	70	2	3000 <	3000
	n-Alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride	70	3	150	200
	n-Alkyl benzyl-n.n.n-trimethylammonium chloride	500	4	3000	2500
	Heterocyclic quaternary ammonium derivative	25	15	600	300
염소화 페놀계	Benzyl ester of p-hydroxybenzoic acid	85	45	3000 <	3000 <
	Blend of chlorinated phenol	50	9	35	65
	o-Benzyl-p-Chloro phenol	55	15	80	80
	2,6-bis(-dimethyl amino ethyl) cyclohexanene : sodium pentachlorophenate	55	40	45	55
	Chloro-o-phenylphenol	40	25	35	35
	p-Chloro-m-xyleneol	80	20	30	50
	p-Nitrophenol : p-Chloro-meta-xyleneol : tetrochlorophenon	80	20	30	50
	Polychlorinated phenols	55	10	20	35
	Salicylanilide	55	65	65	50
	Sodium salt of 2,4,5-trichlorophenol	20	15	15	7
Dithiocar- bonate계	Diammonium ethylene bis dithiocarbamate-dimorpholine salt	30	6	60	35
	Diammonium ethylene bis dithiocarbamate-piperazine salt	30	4	80	40
	Sodium dimethyl dithiocarbamate : disodium ethylene bis-dithiocarbamate	85	9	90	30
Cyanate계	Methylene bis-thiocyanate	9	5	4	4
	2-Thiocyanorpyridine oxide	7	0.7	25	5
염 소 계	Chlorine dioxide	3000 <	2000 <	3000 <	3000 <
Thiadiazine	3,5-Dimethyl-1,3,5, 2H-tetrahydrothia diazine-2-thione	150	350	300	1500
Thiazole계	3,5-Dimethyl-1,3,5, 2H-tetrahydrothia diazine-2-thione-2-mercapto benzothiazole	350	45	400	300
Quinoline계	8-hydroxy quinolinium arsanilate	200	15	400	55
Piperazine계	1-n-piperazino-2-nitropropylbenzene	250	100	250	65
Imidazole계	1,3-di-nonylbeneimidazolium bromide	65	3	3000	2500
Nitro계	tris (hydroxymethyl) nitromethane	2500	150	3000 <	3000 <

(7) 일반적인 미생물 살균제의 적용성 고찰

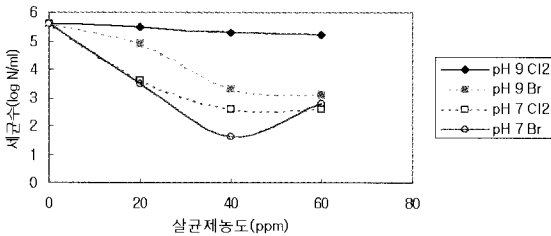
가) 비 염소계 살균제의 개요

(1) 제 4급 암모늄 약품

미생물의 표면은 음전하를 띠고 있기 때문에 제 4급 암모늄의 양이온 계면활성제가 흡착되기 쉽고, 양이온 계면활성제의 흡착에 의하여 미생물이 활성을 잃어 버린다. 제 4급 암모늄의 살균·살조효과가 있어 널리 사용되고 있지만, 발포성이 있기 때문에 최근에는 다른 슬라임 방지제가 널리 사용되고 있다.

(2) 브롬계 약품

브롬계 냉각수중의 현탁물질 주변에 존재하는 점착성 물질에 작용하여, 그 점착성을 저하시켜 부착을 방지한다. 또한 열교환기나 배관에 부착된 슬라임을 박리하는 효과가 있다. 브롬계 약품은 고pH조건에서도 충분한 살균효과를 발휘하는 것이 특징이다.

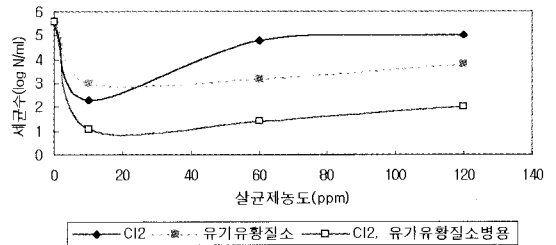


[ 그림 5. 염소제와 브롬계의 pH에 따른 살균 효과 ]

(3) 유기질소유황계 약품

유기질소유황계 약품은 단백질의 Cysteine기에 결합한다. 그 결과 효소가 기능을 잃어 미생물이 사멸된다. 유기질소유황계의 약품을 사용할 경우, 세균수의 측정예를 그림 6에 나타낸다. 염소처리에 있어서 염소의 주입을 정지시키면 바로 세균수가 증가하는데 비하여 유기질소유황계 약품을 사용한 경우에는 세균수로 장시간 낮게 유지할 수

있다. 또한 염소처리와 유기유황계 약품을 함께 사용하면 세균수를 장시간 낮게 유지할 수 있다.



[ 그림 6. 유황질소 유황계의 약품의 살균 효과 ]

아. 악취의 발생원과 처리

폐수처리 과정중이나 폐수처리 이후 발생하는 악취원은 민원이나 환경위생적인 측면에서 지양되어야 할 인자이므로 이를 제거하기 위해서는 다양한 기술이 응용되고 있으나 현실적으로 근본적이고 경제적인 대안의 제시는 상당히 어려운 것이 현실이다.

따라서, 악취의 발생원과 함께 이들 악취 인자들의 제거 방안을 고찰해 봄으로서 운전관리상의 어려움 중 하나인 악취의 해결방안에 대해 접근해 보고자 한다.

1) 악취의 발생원

지구상에는 냄새(이하 취기라 칭함) 발생 물질이 약 40여만종이 존재하는 것으로 알려지고 있으며, 취기 역시 단일 취기부터 여러 취기가 복합된 것(복합취기)에 이르기까지 다양한 종류가 있다.

특히 일부 화학공장, 암모니아비료, 어류 가공공장, 발효공장, 하수처리장 등과 같은 특정작업 현장의 경우 취기물질에 의하여 작업자나 지역주민에게 혐오감이나 불쾌감을 느끼게 하여, 주변환경이 악화되고 악취가 고정화되어 작

업성이 저해되거나 주위 환경에도 악영향을 끼치는 등 문제의 제기가 날로 증가하는 추세이다.

이러한 악취의 주요한 발생원은 주로 암모니아나 아민과 같은 질소원에 의한 것과 머캡탄, 황화수소 등과 같은 황화물을 주체로 하는 것들이 일반적이다.

이러한 특정 악취를 제거하기 위해서 황화합물이나 질소원(아민 등)을 함유하는 악취가스에 대하여 산 알칼리 처리나 연소방식에 의한 화학적 처리, 악취가스의 수세나 활성탄, 이온교환수지에 의한 흡착 탈취 등의 물리화학적 처리, 미생물을 이용한 생물학적 처리 등 다양한 처리법이 알려져 있으나, 대부분 탈취장치와 소취제의 병행사용이

불가피하고 비용 부담이 크기 때문에 완벽한 악취제거 처리를 실시하지 못하는 경우가 일반적이다.

현재까지 일반적으로 사용되는 악취의 제거방법으로는 상기에 언급한 방법과 함께 소취제가 부분적으로 사용되고 있으나 이들 소취제의 기초원료로는 황화합물의 제거를 위한 철염이나 유기물의 강제적인 산화를 위한 오존이나 과망간산염 등이 주를 이루고 있으며, 이와함께 방향제를 이용하는 방법등이 보편적으로 사용되고 있다.

하기 표에 일반적으로 사용되는 소취제들의 용도와 특징 및 주성분 등의 개요를 나타내었다.

주요 용도	소취 작용	주 성분	주요 사용처
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 황화수소 및 기타 악취원의 제거</li> <li>· 유기물질(악취 발생원)의 제거</li> <li>· 복합취기에 의한 불쾌취기의 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 악취원의 제거</li> <li>· 취기 억제 작용</li> <li>· 취질 개선 작용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 특수금속염</li> <li>· 유기화합물</li> <li>· 향료</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 폐수처리 및 활성오니계 (화력발전소, 식품, 발효, 제지공장 등)</li> <li>· 분뇨 및 하수처리장</li> <li>· 축산, 수산 가공 공장</li> <li>· 석유 프로세스계 및 각종 화학공장</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 황화수소 및 기타 악취원의 제거</li> <li>· 유기물질(악취 발생원)의 제거</li> <li>· 복합취기에 의한 불쾌취기의 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 악취원의 산화분해</li> <li>· 취기 억제 작용</li> <li>· 취질 개선 작용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 산화제</li> <li>· 유기화합물</li> <li>· 향료</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 산성 폐수의 악취 제거</li> <li>· 농약 및 일산화탄소의 해독 작용</li> <li>· 황화수소 및 기타 악취원의 제거</li> <li>· 유기물질(악취 발생원)의 제거</li> <li>· 복합취기에 의한 불쾌취기의 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 악취원의 제거</li> <li>· 취기 억제 작용</li> <li>· 취기 중화 작용</li> <li>· 취질 개선 작용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 특수금속염</li> <li>· 식물정유</li> <li>· 유기화합물</li> <li>· 향료</li> </ul>	

## 2) 악취의 취기강도와 인지 정도

취기 강도	내 용	비 고
0	일상생활에서 느낄 수 있는 쾌적한 환경	무취
1	취기를 느낄 수 있으나 어떤 냄새인지 구별할 수 없는 정도	검지기 농도
2	취기를 느낄 수 있고, 어떤 냄새인지 판별할 수 있을 정도	인지기 농도
3	중간 정도의 취기로서, 병원의 소독약 취기 정도	중간 정도의 취기
4	강한 취기로서, 여름의 화장실 취기 정도	강한 취기
5	취기를 흡입시 호흡이 정지될 것처럼 견딜 수 없는 매우 경렬한 취기	매우 강렬한 취기

〈표. 대기환경의 배출기준 (대기환경보전법 제8조)〉

측정 방법	측정 방법	공기 회석관 등 법	기기 분석법		
			악취 물질	공업지역안의 사업장	기타지역안의 사업장
배출 허용 기준	악취도 2도 이하	가. 배출구 (1) 공업지역내의 사업장 : 회석배출 1,000 이하 (2) 기타 지역내의 사업장 : 회석배출 20 이하	암모니아	5 ppm이하	2 ppm이하
		나. 부지 경계선 (1) 공업지역내의 사업장 : 회석배출 20 이하 (2) 기타 지역내의 사업장 : 회석배출 15 이하	메틸메르캅탄	0.01 ppm이하	0.004 ppm이하
			황화 수소	0.2 ppm이하	0.06 ppm이하
			황화메틸	0.2 ppm이하	0.05 ppm이하
			이황화메틸	0.1 ppm이하	0.03 ppm이하
			트리메틸아민	0.07 ppm이하	0.02 ppm이하
			아세트알데히드	0.5 ppm이하	0.1 ppm이하
			스티렌	2 ppm이하	0.8 ppm이하

3) 악취물질의 최저 감지 한계와 악취의 발생원

화합물	감지값 (ppm)	냄새종류	발생원	화합물	감지값 (ppm)	냄새종류	발생원
아황산	0.47	-	자동차, 화력발전소	아크릴로니트릴	21.4	양파, 마늘냄새	화학공장
황화 수소	0.00047	부패한 계란냄새	정유공장	에틸아크릴레이트	0.00047	플라스틱타는냄새	상 동
메틸메르캅탄	0.0021	자극적인 유황냄새	정유, 축산, 수산가공공장, 분뇨처리장	메틸메타아크릴레이트	0.21	자극성 유황냄새	상 동
황화 디메틸	0.001	야채유황냄새	상 동	염 소	0.314	자극성의 매운냄새	상 동
벤젠	4.68	용제	정유, 화학공장	케솔	0.047	의약품 냄새	상 동
톨루엔	2.14	나프탈렌-고무냄새	상 동	아세톤	100.0	화학적 단냄새	상 동
p-크실렌	0.47	단냄새	상 동	브롬	0.047	자극성의 매운냄새	상 동
스티렌	0.047	플라스틱-고무냄새	정유공장	에탄올	10.0	단냄새	상 동
암모니아	46.8	자극성냄새	화학, 축산, 수산가공공장, 분뇨처리장	메틸이소부틸케톤	0.47	단냄새	화학, 기계가공, 소화기
디메틸 아민	0.047	생선냄새	상 동	디클로로메탄	214.0	-	상 동
메틸 아민가스	0.021	자극성 생선냄새	상 동	사염화 탄소	100.0	-	상 동
트리메틸아민	0.00021	자극성 냄새	화학공장	트리클로로에틸렌	21.4	용제	상 동
아닐린	1.0	자극성 냄새	화학공장	퍼클로로에틸렌	4.68	용제	상 동
아세트알데히드	0.21	곰팡이냄새	상 동	이황화탄소	0.21	야채유황냄새	레이온공장
아세트산	1.0	신냄새	상 동	포름알데히드	1.0	자극성 건조냄새	의류
아크롤레인	0.21	자극성의 탄냄새	상 동				

최근에는 이들 악취의 발생원에 대한 제거를 위한 산화제의 적용이 상당수 증가하고 있으나, 과망간산과 같은 산화제의 경우 색도를 띠고 있어 2차적인 혐오감을 유발하는 문제가 있고, 오존과 같은 산화제의 경우 광범위한 영역에 대한 적용이 어렵거나 경제성의 문제등이 제기되고 있는 실정이다.

이와같이 부분적으로는 악취의 제거를 위해 다양한 시도는 실시되고 있으나 근본적인 해결이 어려운 것이 일반적이므로 악취의 대해서는 지속적인 관심과 연구가 필요한 실정이다.

4) 악취제거의 일반적인 방법

악취제거는 발생원에서의 대책, 직접연소법, 촉매산화법, 흡착법, 미생물탈취법(바이오필터법), 응축법, 오존산화법, 마스크 등이다. 악취의 발생원을 없애거나 감소시키는 방법으로 개방되어 있는 발생시설을 밀폐식으로 바꾼다든지 악취물질의 사용이나 발생을 억제하는 것은 근본적인 방법이 된다. 그러나 이 방법을 모든 발생원에 적용할 수는 없고 가능한 한 장치를 개조하거나 작업조건 개선에 의하여 발생이나 배출을 억제하는 것이 발생원에서의 최상의 대책이다.

#### 가) 연소법

악취물질은 황이나 질소를 함유하는 유기물질이 많고 대부분 가연성이기 때문에 적당한 온도에서 연소시키면 이산화탄소와 물, 기타 무취성가스로 된다. 이러한 직접연소법의 연소온도는 물질에 따라 다르지만 보통 680~760℃의 범위이며, 접촉시간은 0.3~0.5초면 충분하다. 온도나 접촉시간이 불충분하면 제거효율이 저하될 뿐 아니라 부분산화의 결과로 생기는 각종 알데히드나 케톤, 기타 불포화산이 생겨 악취가 오히려 증가하는 경우도 있다.

#### 나) 촉매연소법 및 흡착법

직접연소법의 경우 연료비가 많이 드는 문제점이 있기 때문에 이를 해결하기 위해 촉매를 사용하여 산화온도를 낮춰서 경제성을 높인 방법이 촉매산화법이며, 촉매로는 백금을 주로 사용한다. 흡착법은 충전탑과 같은 형태에 활성탄과 같은 흡착제를 충전시켜 악취가스를 통과시켜 제거하는 방법으로 처리 효율은 높은 편이나 활성탄 등을 재생하여야 하며, 처리비용도 높은 단점이 있다.

#### 다) 미생물 탈취법

미생물탈취법은 담체에 부착된 미생물을 사용하여 악취물질을 이산화탄소, 물, 그리고 광물염으로 전환시키는 방법이다. 고농도 탄화수소증기의 배출시와 같은 경우는 증기를 냉각, 응축하여 회수함과 동시에 배출가스 중의 탄화수소 농도를 저감시키는 응축법을 이용한다.

#### 라) 산화법 및 MASKING방법

오존산화법은 기체상태의 악취물질에 오존을 작용시켜 상온산화에 의하여 탈취하는 방법으로 분뇨처리장과 같은 곳에서 많이 이용되고 있다. 그러나 꼭 필요한 양의 오존만을 발생시켜 주지 않으면 과량의 오존자체가 문제가 된다. 소극적인 방법으로는 악취를 직접제거하는 대신에 방향이 강한 물질로 악취를 마스크(masking)하는 방법도 많이 이용된다.

보통 나프탈렌, 장뇌, 디클로로벤젠 등이 사용되고 기타 물질로는 레몬유, 각종 수지, 알코올, 향수 등도 사용된다. 이와같이 부분적으로는 악취의 제거를 위해 다양한 시도는 실시되고 있으나 근본적인 해결이 어려운 것이 일반적이므로 악취의 대해서는 지속적인 관심과 연구가 필요한 실정이다.

최근에는 이러한 악취의 문제를 해결하기 위해 미생물에 의한 탈취나 MEMBRANE(막처리-기체 투과막을 이용한 탈취 및 voc처리)을 이용하는 방법으로 까지 발전하는 추세이나 아직 실용화까지는 다소의 기술 축적이 필요한 것으로 알려지고 있다.

다음호에 계속...